

УДК [631.816+631.51]:631.417.2

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ГУМУСОВЫЕ КИСЛОТЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

С.Л. ИГНАТЬЕВА, к. с.-х. н.; В.А. ЧЕРНИКОВ, д. с.-х. н.; В.А. КОНЧИЦ, к. х. н.

(Кафедра экологии)

В статье приведены результаты исследования по изучению влияния различных факторов техногенеза на гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы методом ИК-спектроскопии. Выявлено, что совместное внесение навоза и минеральных удобрений на фоне трехъярусной вспашки способствует усилению лабильности гумуса в большей степени, чем отдельное внесение туков. В условиях минимализации обработки почвы количество ароматических структурных компонентов изменяется в следующей последовательности в ряду: без удобрений < 2NPK + навоз < 2NPK. С ростом глубины зафиксировано снижение стабильности исследуемых соединений независимо от системы обработки.

Несмотря на двухсотлетнюю историю изучения гумуса, современная наука еще далека от полного понимания строения и всех вероятных функций гумусовых веществ в экосистеме. Большое разнообразие структурных единиц и функциональных групп, множество вариантов их сочетаний, непостоянство состава делает определение их структуры весьма затруднительным. К сожалению, пока накоплено мало данных об изменении состава и свойств органической основы почвы при окультуривании. Это объясняется трудоемкостью выделения и анализа гумусовых кислот. Кроме того, не всегда легко отличить изменения, вызываемые удобрениями и обработкой, от природной variability состава и свойств. В этой связи особую значимость приобретают данные длительных стационарных опытов. Осложнения в трактовке экспериментальных результатов вызывают также органические и минеральные примеси в препаратах исследуемых соединений,

трудность разделения зольных компонентов на конституционные и примесные. Приблизиться к решению рассматриваемой проблемы возможно на основе широкого использования современного арсенала инструментальных методов анализа.

Одним из весьма информативных физико-химических методов анализа, дающих ценную информацию при изучении структуры гумусовых веществ, их трансформации под действием изучаемых факторов техногенеза, а также механизма взаимодействия с минеральной частью почвы является метод инфракрасной спектроскопии.

Объекты исследования

Объектом исследования явилась дерново-подзолистая среднесуглинистая почва длительного стационарного опыта, заложенного в 1966 г. в учхозе «Михайловское» МСХА [11].

Системы удобрения почвы в схеме опыта: 1 — без удобрений (контроль);

2 — 2NPK ежегодно (112N 120P 112K);
3 — 2NPK + навоз (50 т/га).

Системы обработки почвы: III — минимальная фрезерная (без основной обработки, предпосевное фрезерование под зерновые культуры на 8-10 см, под картофель — на 14-16 см); IX — трехъярусная обработка (на 38-40 см в занятом пару и под картофель, а в остальные годы без обработки) + фрезерная.

Отбор образцов проводили после уборки горохоовсяной смеси с глубины 0~10 и 10-20 см в трехкратной повторности.

Препараты гумусовых кислот (ГК) были получены методом предельного извлечения [9] без разделения на фульво-и гуминовые кислоты, так как именно в таком виде они наиболее приближены по своим физико-химическим характеристикам к органическому веществу, находящемуся в почве в нативных условиях [12].

Среди существующих разнообразных методик подготовки образцов для получения их спектров в инфракрасной области был выбран способ прессования таблеток с КВг, наиболее широко используемый в ИК-спектроскопии. Навеску препарата гумусовых веществ 2 мг растирали в агатовой ступке под инфракрасной лампой, после чего смешивали с 250 мг КВг, продолжая растирать до состояния однородной тонкой пудры. Далее полученную смесь помещали в пресс-форму и под давлением 150 кг/см² проводили прессование. Запись спектра проводили на приборе Spekord M-80 в интервале частот 4000-400 см⁻¹.

***Инфракрасная спектроскопия
гумусовых кислот дерново-
подзолистой почвы при различных
системах удобрения на фоне
минимальной фрезерной обработки***

Интенсивность зафиксированных в инфракрасных спектрах гумусовых кислот полос поглощения приведена в

табл. 1, сами спектры представлены на рис. 1.

Для интерпретации полученных нами спектров гумусовых кислот были использованы классические монографии [1, 7, 13] и научные статьи ряда авторов, исследования которых посвящены изучению данной проблемы [3-6, 10, 14, 16].

Минимализация обработки почвы не внесла существенных изменений в состав полос поглощения ИК-спектра ГК неудобренного варианта. В нем, так же как и на контроле, проявились полосы поглощения адсорбционной воды и валентных колебаний С-Н метильных и метиленовых групп. Необходимо только отметить незначительное смещение в низкочастотную область полосы поглощения, соответствующей валентным колебаниям концевых метильных групп (2984 см⁻¹). Интенсивность же полос поглощения алифатических группировок заметно возросла по сравнению с аналогичным вариантом отвальной вспашки. Более четко выраженной оказалась и полоса поглощения, обусловленная деформационными колебаниями метиленовых групп (1484 см⁻¹). Однако интенсивность поглощения ароматических группировок (1616 см⁻¹) несколько снизилась. Еще в большей мере обособляется полоса поглощения при 1400 см⁻¹, что свидетельствует об увеличении роли карбоксилат-иона в структуре гумусовых кислот, а также максимум, соответствующий кислородосодержащим группировкам. Менее очерченной оказалась полоса поглощения, которая своим происхождением обязана спиртовым группировкам третичных спиртов. В отличие от спектра ГК контрольного варианта по обработке в инфракрасном спектре гумусовых кислот поверхностного слоя неудобренной почвы, которая длительное время минимально обрабатывалась, в длинноволновой области появилась полоса поглощения, предположительно обуслов-

**Интенсивность полос поглощения ИК-спектров гумусовых кислот
дерново-подзолистой почвы при различных системах удобрения
на фоне минимальной фрезерной обработки**

Без удобрений		2 NPK		2 NPK+навоз	
ν	T	ν	T	ν	T
<i>0-10 см</i>					
3408	65,80	3408	69,75	3408	66,72
2984	39,84	3016	44,56	3000	40,73
2920	45,72	2920	50,72	2920	47,16
71616	63,00	1600	73,45	1600	69,64
1484	38,47	1488	48,13	1488	42,92
1400	54,13	1400	63,68	1400	60,00
1184	39,01	1192	47,90	1296	44,07
1120	48,10	1080	61,62	1120	53,59
888	28,14	884	33,37	932	30,96
592	41,67	576	49,84	624	46,62
<i>10-20 см</i>					
3440	65,13	3440	70,65	3424	71,69
3000	39,29	3000	46,62	3000	41,26
2920	46,78	2920	52,86	2920	47,93
1612	67,25	1616	72,83	1600	72,19
1488	40,67	1484	47,39	1488	44,07
1400	56,79	1400	63,14	1400	64,65
1200	43,05	1304	46,94	1292	45,17
1064	56,90	1072	62,77	1080	58,86
888	30,40	888	34,36	888	31,57
584	44,71	584	50,37	584	48,36

Примечание. Здесь и далее: ν , см^{-1} — волновые числа; T, % — интенсивность поглощения.

ленная внеплоскостными деформационными колебаниями C-H в ароматических кольцах, однако она характеризуется невысокой интенсивностью. Минеральные компоненты поглощают при 592 см^{-1} .

Спектр ГК варианта 2 NPK на фоне поверхностной обработки имеет несколько отличительных особенностей по сравнению и с неудобренным вариантом, и со своим аналогом на фоне отвальной вспашки. Прежде всего обращает на себя внимание полоса поглощения при 3016 см^{-1} , приписываемая валентным колебаниям C=C ненасыщенных углеводородов, которая не проявилась в случае варианта без удобрений (контроль), а в спектре гумусовых кислот аналогичного варианта при традиционной обработке почвы оказалась не столь интенсивной [2].

Еще в большей мере обособляются полосы поглощения при 2920 см^{-1} и 1488 см^{-1} , что свидетельствует об увеличении содержания метиленовых групп в составе ГК.

Доминирующее положение в спектре гумусовых кислот данного варианта в области $1650-800 \text{ см}^{-1}$ занимает полоса поглощения, относимая за счет двойных связей бензольного кольца. Интенсивность максимума поглощения ароматических группировок значительно возросла при использовании минеральных удобрений, а также при замене отвальной вспашки фрезерованием, что, предположительно, служит доказательством увеличения количества ароматических структурных элементов в составе гумусовых веществ.

Кроме того, наиболее отчетливо проявляется полоса поглощения кар-

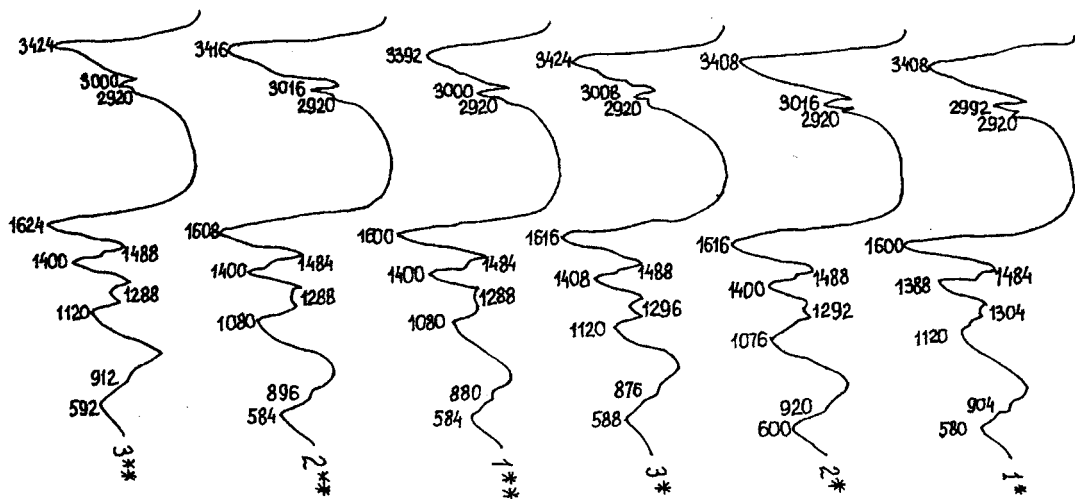


Рис. 1. ИК-спектры гумусовых кислот дерново-подзолистой почвы при различных системах удобрения на фоне минимальной фрезерной обработки
Здесь и на рис. 2: 1 — без удобрений; 2 — NPK; 3 — 2 NPK + навоз. * — 0–10 см ** — 10–20 см.

боксилат-иона (1400 см^{-1}) и максимумы поглощения, зафиксированные при 1192 см^{-1} и соответствующие кислородсодержащим группировкам при 1080 см^{-1} , характерные для гидроксильных группировок первичных и вторичных спиртов при 884 см^{-1} , служат диагностическим признаком деформационных колебаний С-Н ароматических колец. Полоса поглощения в длинноволновой области сохраняется и имеет максимум при 576 см^{-1} .

На основании приведенных выше изменений, отмеченных в ИК-спектре гумусовых кислот поверхностного слоя в случае отдельного внесения туков, можно сделать предположительный вывод об увеличении числа группировок, относимых к периферической части их молекул, с одной стороны, а с другой — о накоплении структурных фрагментов центральной части.

Некоторые изменения по сравнению с контролем были отмечены в 3-м варианте. Прежде всего нужно отметить смещение полосы поглощения валентных колебаний С-Н концевых метильных групп в высокочастотную область до 3000 см^{-1} . Возможно, это ре-

зультат усиления межмолекулярной водородной связи. Интенсивность этой полосы ненамного превысила интенсивность таковой в контроле и в большей степени — в 3-м варианте на фоне классической обработки [2]. Изменение интенсивности полосы поглощения, соответствующей валентным колебаниям С-Н метиленовых групп, происходила аналогичным образом. В области $1650\text{—}800\text{ см}^{-1}$ еще более резко очерчивается полоса поглощения при 1600 см^{-1} , что позволяет судить о большем количестве ароматических колец в данных гумусовых кислотах по сравнению с их содержанием в вариантах без удобрений (минимальная обработка) и 2 NPK + навоз (отвальная вспашка) [2]. Полоса поглощения деформационных колебаний метиленовых групп также проявляется более отчетливо.

Совместное внесение органических удобрений и туков способствовало еще большему обособлению полосы поглощения карбоксилат-иона при 1400 см^{-1} . Действие снижения интенсивности обработки почвы проявилось в меньшей степени. Полоса поглощения кислородсодержащих группировок имеет мак-

симум при 1296 см^{-1} в спектре обсуждаемых ГК. Количество вышеуказанных групп в 3-м варианте предположительно возрастает при внесении удобрений, но в меньшей мере, чем при замене традиционной обработки минимальной, о чем мы можем судить по изменению интенсивности соответствующей полосы поглощения.

Окультурирование сопровождается и увеличением интенсивности так называемой «эфирной полосы» по сравнению с контрольным вариантом. В длинноволновой части спектра проявляется полоса поглощения в аналогичном варианте отвалной вспашки, однако менее отчетливо [2]. Интересной особенностью является наличие полосы поглощения при 624 см^{-1} , происхождение которой неоднозначно.

Минимализация обработки почвы вызывает проявление ряда особенностей в ИК-спектрах ГК слоя, практически не затрагиваемого при выполнении поверхностного фрезерования. К ним нужно отнести смещение полосы поглощения, соответствующей валентным колебаниям концевых металльных групп, которая имеет максимум при 3000 см^{-1} . Содержание этих группировок в слое 10-20 см осталось на прежнем уровне, в то время как число метиленовых групп, судя по интенсивности полос поглощения при 2920 см^{-1} (валентные колебания) и при 1488 см^{-1} (деформационные колебания), возросло.

В большей степени обособляется максимум поглощения с волновым числом 1612 см^{-1} , соответствующий колебаниям двойных связей бензольного кольца. Как уже упоминалось ранее, полоса поглощения в данной области спектра имеет сложный состав. В данном случае, вероятнее всего, усиливается влияние полосы поглощения карбоксилат-иона при 1590 см^{-1} , что и послужило причиной некоторого смещения отмеченного максимума в длинноволновую область. Увеличение интенсивности обсуждаемой полосы косвенно свидетельствует о росте чис-

ла группировок, поглощающих на данном участке спектра. Подтверждением этому служит и более четкая очерченность максимума при 888 см^{-1} , обусловленного внеплоскостными деформационными колебаниями С-Н в ароматических кольцах. То же самое можно сказать и об изменении интенсивности полос поглощения, связанных с наличием карбоксилат-иона (1400 см^{-1}), с колебаниями кислородосодержащих группировок (1200 см^{-1}). Появляется максимум при 1064 см^{-1} , характерный для колебаний гидроксильных группировок вторичных спиртов.

Отдельное внесение туков сопровождается наибольшим изменением выраженности полос поглощения по сравнению с вариантом органоминеральной системы удобрения, а в большей степени — вариантом без внесения удобрений. Положение максимума поглощения, который своим происхождением обязан валентным колебаниям С-Н относительно коротких цепей концевых металльных групп во всех изучаемых вариантах при удобрении в спектрах ГК слоя 10-20 см, остается неизменным — 3000 см^{-1} . Однако интенсивность его в варианте 2 НРК на фоне фрезерования с глубиной возрастает. Увеличение атомного отношения Н/С с ростом глубины по данным элементного анализа подтверждает это предположение [15]. Полоса поглощения валентных колебаний С-Н метиленовых группировок при 2920 см^{-1} проявилась в слое практически не затрагиваемом при поверхностной обработке более ярко, чем в поверхностном, однако интенсивность максимума деформационных колебаний этих же групп (1484 см^{-1}) несколько уменьшилась.

Наметилась тенденция к снижению интенсивности полосы поглощения карбоксилат-иона (1400 см^{-1}), несколько менее интенсивно поглощают ароматические (1616 см^{-1}) и кислородосодержащие группировки (1304 см^{-1}). В спектре гумусовых кислот исследуемого

варианта заметно четче проявился максимум поглощения спиртовых гидроксильных группировок при 1080 см⁻¹. О наличии минеральных примесей свидетельствует полоса поглощения при 584 см⁻¹.

Направленность изменения интенсивности полос поглощения ИК-спектров при совместном внесении органических и минеральных удобрений осталась прежней, изменения проявились в меньшей степени, чем в случае отдельного внесения туков в слое 10~20 см. С одной стороны, унавоживание почвы сопровождается развитием алифатической части ГК. Такое предположение можно сделать на основании возрастающей интенсивности максимумов поглощения при 3000, 2920 и 1488 см⁻¹. С другой стороны, одновременно увеличивается и количество ароматических группировок, образующих центральную часть ГК (1600 см⁻¹). Более четко проявились полосы поглощения при 1400 см⁻¹ (кар-

боксилат-ион), 1292 см⁻¹ (кислорододержащие группировки), 1080 см⁻¹ (гидроксильные группировки вторичных спиртов). Необходимо отметить и появление в инфракрасном спектре гумусовых соединений при 888 см⁻¹ максимума поглощения внеплоскостных деформационных колебаний С-Н бензольных колец, в то время как в спектре гумусовых кислот аналогичного варианта поверхностного слоя он отсутствует, но при этом имеется максимум (932 см⁻¹), соответствующей деформационным колебаниям С-ОН групп карбоновых кислот.

**Инфракрасная спектроскопия
гумусовых кислот дерново-
подзолистой почвы при различных
системах удобрения на фоне
трехъярусной вспашки**

Данные об интенсивности полос поглощения инфракрасных спектров ГК при этом способе обработки почвы приведены в табл. 2, интерпретация кото-

Таблица 2

**Интенсивность полос поглощения ИК-спектров гумусовых кислот
дерново-подзолистой почвы при различных системах удобрения
на фоне трехъярусной вспашки**

Без удобрений		2 НРК		2 НРК+навоз	
ν	τ	ν	τ	ν	τ
<i>0-10 см</i>					
3408	61,47	3408	64,89	3424	66,00
2992	35,33	3016	37,62	3008	37,76
2920	40,94	2920	43,70	2920	45,81
1484	37,99	1488	40,41	1488	39,66
1388	54,74	1400	56,82	1408	54,92
1304	39,79	1192	40,98	1296	42,15
1120	49,63	1076	53,34	1120	55,45
904	28,60	920	28,87	876	28,86
580	41,65	600	44,40	588	43,67
<i>10-20 см</i>					
3392	67,06	3416	64,76	3424	64,06
3000	37,55	3016	36,48	3000	35,72
2920	44,79	2920	42,10	2920	43,67
1600	68,48	1608	66,81	1624	63,80
1484	40,74	1484	37,90	1488	36,77
1400	58,28	1400	54,73	1400	52,09
1288	43,19	1288	39,61	1288	38,11
1080	53,49	1080	51,87	1120	51,03
880	29,77	896	28,38	912	26,78
584	44,25	584	44,33	592	42,25

рых дает основание утверждать, что углубление обработки неудобренных делянок не оказало значительного влияния на характер спектра исследуемых соединений в инфракрасной области по сравнению с аналогичным вариантом отвальной вспашки принятой в данной зоне. В нем присутствуют полосы поглощения, соответствующие тем же группировкам, что и в контрольном варианте [2]. Некоторые изменения произошли лишь в интенсивности и расположении отдельных полос поглощения (отмечается их незначительное смещение). Так, максимум поглощения валентных колебаний С-Н метиленовых групп при 2920 см⁻¹ оказался менее четко очерчен, чем в случае классической обработки, а полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям С-Н концевых метиленовых групп при 2992 см⁻¹ и антисимметричным деформационным колебаниям С-Н метиленовых групп, имели приблизительно равную интенсивность.

Что касается полосы поглощения двойных связей С=С ароматических колец, то она сместилась в длинновол-

новую область, и теперь ее максимум наблюдается при 1600 см⁻¹ (рис. 2). Кроме того, несколько возросла интенсивность поглощения этих структурных фрагментов гумусовых веществ. Еще более обособилась полоса поглощения при 1388 см⁻¹, связанная с колебаниями ионизированных карбоксильных групп. Следует отметить, что в гумусовых кислотах неудобренного варианта на фоне трехъярусной вспашки, по всей видимости, увеличивается содержание кислородосодержащих группировок, о чем свидетельствует более интенсивная полоса поглощения при 1304 см⁻¹. При этом очевидно наибольшее снижение интенсивности полосы поглощения при 1120 см⁻¹. Полосу поглощения при 904 см⁻¹ можно предположительно отнести к внеплоскостным деформационным колебаниям С-ОН карбоксильных групп. По интенсивности она ненамного превосходит аналогичную полосу поглощения гумусных кислот контрольного варианта без удобрений на фоне отвальной вспашки. В спектре исследуемых ГК присутствует максимум поглощения, обусловленный содержанием в образце минераль-

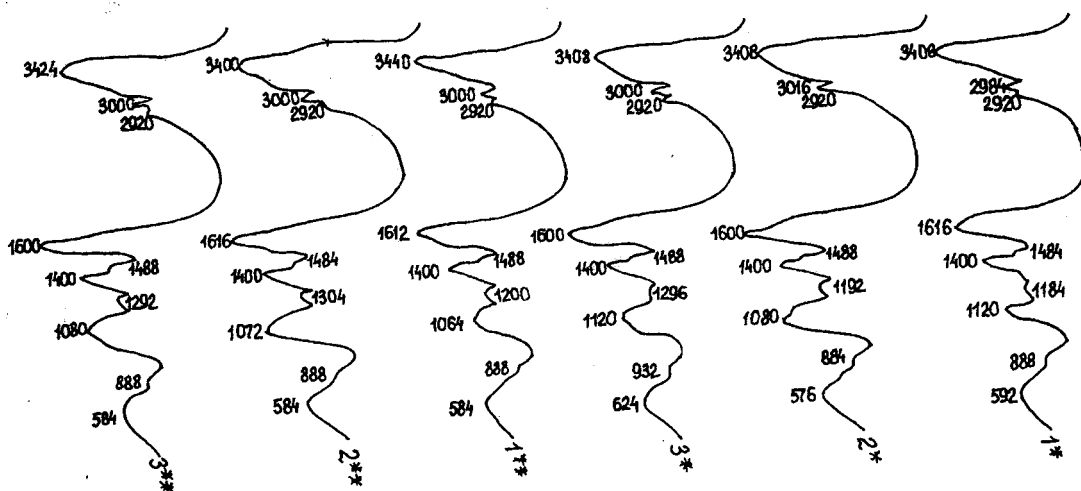


Рис. 2. ИК-спектры гумусовых кислот дерново-подзолистой почвы при различных системах удобрения на фоне трехъярусной вспашки

ных примесей. Таким образом, по данным ИК-спектроскопии гумусовых соединений, можно предположительно заключить, что углубление обработки неудобренной почвы не внесло качественных изменений в их структуру-

Использование минеральных удобрений на фоне трехъярусной вспашки, равно как и на фонах фрезерования и отвальной вспашки, сопровождается появлением в инфракрасных спектрах ГК полосы поглощения при 3016 см^{-1} , которая своим происхождением обязана валентным колебаниям двойной связи ненасыщенных углеводородных цепочек. Есть основания утверждать, что в случае трехъярусной вспашки число этих группировок в составе исследуемых соединений оказалось минимальным по сравнению с аналогичными вариантами других способов обработки почвы, так как интенсивность вышеуказанной полосы оказалась наименьшей при данном приеме окультуривания дерново-подзолистой почвы. Отдельное внесение туков способствует нарастанию алифатичности гумусовых кислот, о чем свидетельствует более четкое проявление полос поглощения при 2920 см^{-1} (валентные колебания С-Н этих же групп).

Максимум поглощения ароматических группировок занял свое положение при 1616 см^{-1} (возможно, усилилось наложение полосы поглощения амидных групп при 1650 см^{-1}) и оказался более интенсивным, чем в ИК-спектре ГК образцов, отобранных с делянок без внесения удобрений, что косвенно доказывает возрастание числа бензольных колец в их составе. Еще более обособилась полоса поглощения карбоксилат-иона (1400 см^{-1}), равно как достаточно хорошо очерченным оказался и максимум поглощения кослородосодержащих группировок (1292 см^{-1}). Однако интенсивность указанных полос поглощения не превысила интенсивность таковых в контрольном варианте по обработке почвы. В длинноволновой области по-

явилась полоса поглощения спиртовых группировок первичных и вторичных спиртов при 1076 см^{-1} , содержание которых, однако, оказалось несколько меньше, чем в ГК соответствующего варианта отвальной вспашки. Подобное утверждение можно сделать на основании изменения интенсивности обсуждаемой полосы поглощения. Внеполостные деформационные колебания С-ОН групп карбоновых кислот характеризуются поглощением при 920 см^{-1} . Максимум поглощения минеральных компонентов при 600 см^{-1} оказался выраженным более отчетливо, чем в спектрах ГК неудобренного варианта трехъярусной вспашки и варианта 2 NPK основной обработки, принятой в данной зоне.

Совместное применение органических и минеральных удобрений вызвало смещение полосы поглощения ОН-групп адсорбционной воды в высокочастотную область до 3424 см^{-1} . Кроме того, в спектре ГК 3-го варианта полоса поглощения, соответствующая колебаниям С=C непредельных углеводородных цепочек, заняла новое положение при 3008 см^{-1} . При этом следует отметить и возрастание интенсивности поглощения данных группировок, так же как и полосы поглощения при 2920 см^{-1} , обусловленной валентными колебаниями С-Н метиленовых групп, что является несомненным доказательством увеличения алифатичности исследуемых ГК.

В области $1650\text{-}800\text{ см}^{-1}$ еще в большей мере очерчивается полоса поглощения при 1616 см^{-1} (валентные колебания С=C бензольного кольца), что свидетельствует об увеличении количества ароматических группировок по сравнению с гумусовыми кислотами неудобренного варианта. В пользу нарастания алифатичности ГК унавоженного варианта говорит и то, что полоса поглощения деформационных колебаний С-Н метиленовых групп при 1488 см^{-1} выражена более отчетливо. Одновременно с этим в ИК-спектре

появляется и полоса поглощения, связанная с внеплоскостными деформационными колебаниями С-Н в ароматических кольцах. Максимум поглощения этих групп наблюдается в длинноволновой области при 876 см^{-1} и относится к малоинтенсивным. Внесение туков совместно с навозом сопровождается увеличением интенсивности полос поглощения кислородосодержащих группировок при 1296 см^{-1} и спиртовых группировок третичных спиртов, а также простых алифатических эфиров при 1120 см^{-1} , но не в такой степени, как в аналогичном варианте в случае отвальной обработки. Интенсивность поглощения карбоксилат-иона практически не изменилась. Наличие минеральных примесей в препаратах гумусовых кислот можно обнаружить по имеющейся в ИК-спектре полосе поглощения при 588 см^{-1} .

Проведение трехъярусной вспашки как одного из приемов окультуривания явилось причиной некоторых изменений в спектрах исследуемых соединений слоя 10-20 см неудобренного варианта, отличных от таковых в аналогичных вариантах на фонах других способов обработки почвы. В варианте, где не вносились удобрения, присутствует полоса поглощения при 3392 см^{-1} , которая обусловлена валентными колебаниями ОН-групп адсорбционной воды. Смещение ее в длинноволновую область говорит об усилении межмолекулярных водородных связей. Кроме того, она оказалась более четко очерчена, чем в соответствующем варианте поверхностного слоя. Одновременно происходит увеличение содержания концевых метильных и метиленовых группировок (что можно заключить на основании полос поглощения при 3000 , 2920 и 1484 см^{-1}), а также ароматических структурных элементов (1600 см^{-1}) в составе ГК. С ростом глубины еще в большей степени обособливаются и оставшиеся полосы поглощения, присутствующие в спектрах гумусовых веществ.

В случае, когда в почву вносятся удобрения как отдельно минеральные, так и туки совместно с навозом, максимумы поглощения, соответствующие валентным и деформационным колебаниям С-Н метильных и метиленовых групп (при 3000 , 2920 и 1488 - 1484 см^{-1}), валентным колебаниям двойной связи непредельных углеводородных цепочек (при 3016 см^{-1}), равно как и полосы поглощения, соответствующие колебаниям карбоксилат-иона (1400 см^{-1}), спиртовых группировок вторичных и третичных спиртов (1080 и 1120 см^{-1}), оказались менее выражены.

Выводы

1. Отдельное внесение минеральных удобрений в поверхностный слой почвы на фоне фрезерования способствует, с одной стороны, увеличению числа группировок, относящихся к периферической части молекул ГК, а с другой — накоплению структурных фрагментов центральной части. Количество ароматических структурных компонентов изменяется в следующей последовательности в ряду: без удобрений < 2 NPK + + навоз < 2NPK.

2. Совместное внесение навоза и минеральных удобрений на фоне трехъярусной вспашки способствует усилению алифатической природы ГК, а в конечном итоге и общей лабильности гумуса в большей степени, чем отдельное внесение туков по сравнению с неудобренным вариантом.

3. В условиях дефицита привнесенного органического вещества при минимализации обработки почвы наблюдается максимальное снижение количества ароматических структурных фрагментов в составе ГК и повышение степени защищенности исследуемых соединений от деградации за счет увеличения числа группировок, относящихся к периферической части молекул ГК.

4. С ростом глубины зафиксировано снижение стабильности исследуемых соединений независимо от систем обработки. Наиболее четко данная закономерность проявилась в случае фрезерования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: Изд-во ИЛ, 1963. — 2. Игнатьева С.Л., Черников В.А., Кончиц В.А. Влияние различных систем удобрения на фоне отвальной вспашки на гумусовое состояние почв по данным метода ИК-спектроскопии // Изв. ТСХА, 2003. Вып. 4. С. 59-70. — 3. Кончиц В.А., Наниташивили А.П., Черников В.А. Исследование различных фракций гумусовых кислот коричневых почв Грузии методом ИК-спектроскопии // Изв. ТСХА, 1975. Вып. 5. С. 71-81. — 4. Кончиц В.А., Черников В.А. Применение ИК-спектроскопии для исследования органического вещества почв. М.: Изд-во МСХА, 1990. — 5. Кончиц В.А., Черников В.А., Пупонин А.И. Влияние различных способов и приемов обработки суглинистой дерново-подзолистой почвы на ее гумусовое состояние. М.: Изд-во МСХА, 1991. — 6. Назарова А.В. Исследование гуминовых кислот различного происхождения методом ИК-спектроскопии // Науч. тр. ЛСХИ, 1977. Т. 329. С. 40-47. — 7. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Мир, 1965. — 8. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. — 9. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по биохимии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. — 10. Орлов Д.С., Осипова Н.Н. Инфракрасные спектры почв и почвенных компонентов. М.: Изд-во МГУ, 1988. — 11. Пупонин А.И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. М.: Колос, 1984. — 12. Ребачук Н.М., Кулеш Н.И., Максимов О.Б. О нативности гуминовых кислот // Почвоведение, 1976. №11. С.133-136. — 13. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия. М.: Мир, 1982. — 14. Черников В.А., Кончиц В.А. ИК-спектроскопия гуминовых кислот, выделенных различными методами // Изв. ТСХА, 1978. Вып. 2. С.105-114. — 15. Черников В.А., Кончиц В.А., Игнатьева С.Л. Влияние различных систем удобрения и способов основной обработки на элементный состав гумусовых кислот дерново-подзолистой почвы. Материалы конференции молодых ученых ТСХА, 1991. №243/1-90 ВС.-91. — 16. Шурухина С.И., Шурухин В.В., Тарлаков Ю.П. Исследование гумусовых препаратов методом инфракрасной спектроскопии // Почвоведение, 1973. №4. С.146-149. — 17. Schulten H., Hempfling R., Haider K. et al. // Pflanzenernahr und Boden, 1990. 153. № 2. P. 97-105. — 18. Lunch T.M. // Plant and Soil, 1984. 76, № 1. — P. 307-318.

Рецензент — к. с.-х. н. В.Г. Мамонтов

SUMMARY

Results of research into technogenesis multi-factorial influence upon humus sod-podzol soil condition by Infra-Red spectroscopy method are cited in the article. Combined manure application and mineral fertilizers, accompanied by three-tier ploughing has been found to cause humus lability rise more rather than mineral fertilizers application alone. Under conditions of minimized tillage the quantity of aromatic structural components changes in the following succession: without fertilizers < 2NPK + manure < 2NPK. When depth increases a drop in stability of tested compounds has been fixed irrespective of tillage system.